

CS-79

未充填部を有するサンドイッチ梁の曲げ特性

名村造船所 研修生 正会員 川崎 進
運輸省港湾技術研究所 正会員 清宮 理

1. まえがき

構造部材に鋼・コンクリートサンドイッチ構造を適用した沈埋函の建設が計画されている。写真-1に沈埋トンネルの概要を示す。サンドイッチ構造では、普通コンクリートでの施工が困難な部材に高流動コンクリートが充填される。『鋼コンクリートサンドイッチ構造設計指針(案)』¹⁾では、鋼殻内部にコンクリートが完全に充填されて鋼殻とコンクリートが一体になって挙動する事を前提としている。一方、万一充填が充分でない場合でのサンドイッチ構造の力学的特性には不明な点が多い。そこで、沈埋函の上床版を対象とし、コンクリートのみ充填部を有する模型梁部材の供試体を用いた静的曲げ載荷実験を行い、未充填部を有する部材の曲げ耐力を求め、計算結果との比較を行った。曲げ耐力の計算は鋼材部分の断面積を鉄筋の断面に置き換えるRC方式と、鋼材部分とコンクリート部分に分割して計算する累加強度方式の2通りの方法で行った。

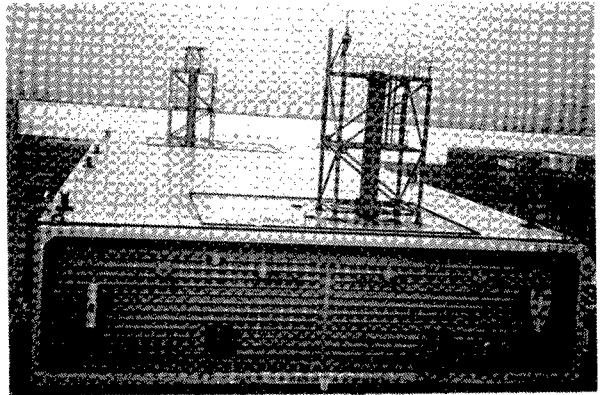


写真-1 サンドイッチ部材による沈埋函構造

2. 実験の概要²⁾

図-1に示すせん断補強鋼板の配置方向が、部材軸に対して直角方向（ダイヤフラムタイプ）と、平行方向（フルウェブタイプ）の2種類の供試体に対して、圧縮側に発泡スチロールを接着し、未充填部分を人工的に設けた合計6体の供試体について、静的曲げ載荷試験を行った。使用した鋼材はすべてSS400で鋼材の降伏応力度は $2,791(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ である。コンクリートは早強コンクリートで試験時のコンクリートの圧縮強度は $388(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 、粗骨材は碎石で最大寸法 20mm である。載荷は2点支承2点載荷で行い、降伏点荷重の段階まで単調増加で静的に載荷・除荷し、その後終局まで載荷を行った。その際、ひび割れ状況・鋼材のひずみ等を測定した。

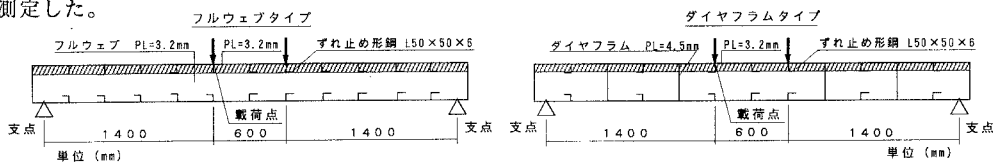


図-1 供試体構造図

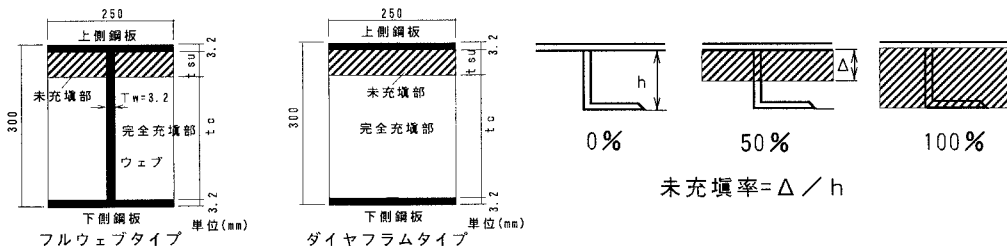


図-2 供試体断面図

3. 計算の概要

各断面の、曲げ耐力の計算は次のようにして行った。

1) RC方式（鉄筋コンクリート梁と同じ仮定で計算する）

断面の曲げ耐力をMudとすると

$$Mud = C'(d - yc) + Ca'(d - d1/2) + Cw'(d - hw/2) - Tw(d - d1 - d2/2 - hw)/2$$

ここに、yc：圧縮縁からコンクリート圧縮合力作用位置までの距離

d：引張側フランジ中心から圧縮縁までの距離

hw：中立軸から圧縮側ウェブ圧縮縁までの距離

d1：圧縮側フランジの板厚

Tw：引張側ウェブの圧縮力

d2：引張側フランジの板厚

C'：コンクリートに作用する圧縮応力

Ca'：圧縮側フランジの圧縮力

Cw'：圧縮側ウェブの圧縮力

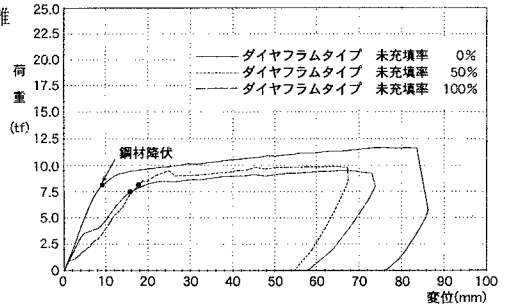
2) 累加強度方式

断面の曲げ耐力をMudとすると

$$Mud = Ms + Mc$$

ここに、Ms：鋼材部分の曲げ耐力

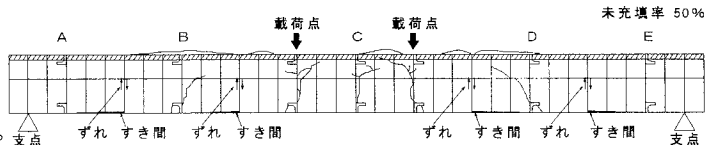
Mc：コンクリート部分の曲げ耐力



図－3 荷重～変位曲線

4. 実験結果

図－3にダイヤフラムタイプ供試体の載荷荷重～スパン中央部の変位曲線を示す。破壊形態はダイヤフラムタイプ、フルウェブタイプのいずれの供試体でもほぼ同様の結果を得た。図－4に未充填率100%の供試体でのひび割れ状況を示す。まず曲げスパン中央部の形鋼から曲げひび割れが発生し、続いてせん断スパン部の形鋼からもひび割れが発生・進展し、引張り側鋼板の降伏後はりの変位が急速に進み、圧縮側の鋼板が座屈したあと曲げスパン中央部の圧縮域のコンクリートが圧壊して終局状態に至り最大荷重を得た。ダイヤフラムタイプ、フルウェブタイプとも未充填率の違いによる破壊形態の相違は見られなかったが、それぞれのタイプとも未充填率が大きいほど曲げ耐力は低下した。低下の程度は未充填率100%でも20%程度であった。載荷試験では、鋼板とコンクリートのずれが載荷荷重の早い段階から生じていた。断面でのひずみは連続しておらず、完全合成の状況ではなかった。



図－4 ひび割れ図(ダイヤフラムタイプ)

5. 実験結果と計算結果の比較

表－1に各供試体の載荷実験での作用荷重の実験値と計算値の比較を示す。フルウェブタイプでは降伏荷重、最大荷重ともコンクリートと鋼板とが完全合成ではなかったが、RC方式の計算結果が実験値に近い値を示した。ダイヤフラムタイプでも降伏荷重、最大荷重ともRC方式の計算結果が実験値に近い値を示した。

表－1 曲げ試験体の実験値と計算値との比較

		フルウェブタイプ			ダイヤフラムタイプ		
		W00	W50	W100	D00	D50	D100
鋼材降伏荷重	RC方式	11.25	10.90	10.58	8.99	8.19	7.40
	計算式／実験値	0.97	1.08	1.08	1.12	1.06	0.99
	累加方式	13.09	12.77	12.49	11.41	11.10	10.81
	計算式／実験値	1.13	1.26	1.27	1.43	1.44	1.44
最大荷重	実験値	11.60	10.10	9.80	8.00	7.70	7.50
	RC方式	19.86	19.46	19.09	13.84	12.58	11.32
	計算式／実験値	1.00	1.10	1.19	1.19	1.27	1.19
	累加方式	22.13	21.64	21.21	17.93	17.44	17.01
最大荷重	計算式／実験値	1.12	1.22	1.32	1.55	1.76	1.79
	実験値	19.80	17.70	16.10	11.60	9.90	9.50

6. 結 論

- ① 未充填部が大きくなると曲げ耐力は低下する。しかし、未充填部が100%でも20%程度の低下であった。
- ② 今回累加強度方式はRC方式に比べ曲げ耐力を高く算定した。
- ③ RC方式の方が累加強度方式より今回の実験結果と一致した。

参考文献

- 1) 土木学会：鋼コンクリートサンドイッチ構造設計指針(案)コンクリートライブラリー 73, pp. 1～11, 1992年
- 2) 清宮理、木村秀雄、渡辺英夫：未充填部を有するサンドイッチ部材の基本的な力学的性状、第3回 合成構造の活用に関するシンポジウム 講演論文集, pp. 61～66, 1995年11月